№ 10. Warszawa, 25 października 1934 r. Rok XII.

TECHNIKA CIEPLNA

CZASOPISMO STOWARZYSZENIA DOZORU KOTŁÓW W WARSZAWIE

OFICJALNY ORGAN POLSKIEGO KOMITETU NORMALIZACYJNEGO DLA SPRAW KOTŁOWYCH

REDAKTOR: Inż. techn. JAN KOMARNICKI.

Wydawca: Stowarzyszenie Dozoru Kotłów w Warszawie.

REDAKCJA I ADMINISTRACJA: WARSZAWA, PIUSA XI 32, m. 2. TEL. 8-25-04.

GODZINY BIUROWE: ADMINISTRACJI — CODZIENNIE, OD 10 DO 15.

Inż. EUGENJUSZ WOLNIEWICZ i *Inż. ADAM EMIL SIERZPUTOWSKI.*

O NOWOCZESNYCH SPOSOBACH POMIARU TEMPERATURY.

(Por. *Technika Cieplna*, str. 144, 1934 r.).

Poszczególne termopary.

Termopary „szlachetne".

1. *Pt — PtRh.* „klasyczna" termopara platynowa polecona przez 7. Międzynarodową Konferencję Miar (1927 r.) do interpretacji skali międzynarodowej w obszarze 660 — 1063 °C wynaleziona została przez Le Chateliera (1890) i składa sie z drutu z czystej platyny oraz drugiego ze stopu platyny z 10% *Rh*. Posiada ona stosunkowo małą *SEM*, lecz główną jej zaletą jest jej niezmienność w czasie oraz możliwość wymiany, gdyż metale grupy *Pt* dają się w najczystszej postaci produkować. Różne termoelementy *Pt — PtRh* są dziś zgodne do ± 2 °C co odpowiada ± 0,02 *mV* lub dokładności w procentowej zawartości *Rh* ± 0,04%. *SEM* rośnie początkowo słabiej, potem szybciej i powyżej 1200 °C zbliża się do linji prostej. Ma to tę zaletę, że właśnie w obszarze interesującym (≈ 1000 °C) rozsuwa nam skalę galwanometru i zwiększa dokładność. Z drugiej strony zmniejsza to również wpływ zmiany temperatury zimnych spojeń.

Choć platyna i jej stopy są w zwykłych temperatnrach bardzo odporne, muszą być w wysokich temperaturach bardzo troskliwie strzeżone przed działaniem wodoru i gazów zawierających *Si*, *S*, *Ph* i *C*, by nie tworzyły się chemiczne połączenia zmieniające *SEM* i niszczące szybko termoparę. Wszystkie te gazy są niebezpieczne w redukującej atmosferze. W obecności ich druty termopary szybko kruszeją i rozpadają się. W każdym wypadku, jeśli się nie dokonywuje pomiaru w próżni lub w chemicznie nieaktywnych gazach (np. *N*), należy ochraniać termoelementy przy pomocy rur ochronnych, nieprzepuszczalnych dla gazów nawet w wysokiej temperaturze, w których można utrzymywać utleniającą atmosferę.

W praktyce termoelementy *Pt—PtRh* używa się tylko w temperaturach powyżej 1000 °C, gdyż dla niższych temperatur tańsze, nieszlachetne elementy dają również dobre wyniki. Jeśli się używa dobrych, nieprzepuszczalnych rur ochronnych wówczas można używać termoelementów platynowych trwale do 1300 °C chwilowo do 1600 °C. Przy temperaturze powyżej 1300 °C *Pt* a w większym jeszcze stopniu *Rh* zaczynają sublimować, co powoduje po dłuższem użyciu znaczne zmnięjszenie przekroju drutów. Wywołuje to także zmniejszenie *SEM*, gdy na skutek sublimowania *Rh* wchodzi on w połączenie z czystym drutem *Pt* i różnica pomiędzy materjałami drutów maleje. Ten błąd można usunąć w ten sposób, że się poszczególne druty termopary odizolowuje nie jak zwykle przy pomocy porowatych rurek, lecz przy pomocy rurek nieprzepuszczalnych.

Termopary platynowe sporządzane są zwykle z drutów o średnicy 0,3 *mm* do 0,8 *mm* (zwykle 0,5 *mm*), spawanych na końcach w łuku elektrycznym. Grubsze są za drogie, cieńsze za słabe, mało odporne na korozję i posiadają za duży opór. Ze względu na cenę prowadzi się druty platynowe tylko przez sferę wysokich temperatur do miejsca o temperaturze 200 ÷ 300 °C i stąd przedłuża się je przy pomocy przewodów kompensacyjnych.

2) Termopary palladowe. Dla temperatur do 1400 °C wytwarzane są (Siebert Hanau) termopary rurowe przedewszystkiem dla zanurzania w roztopionych metalach. Rura zro-

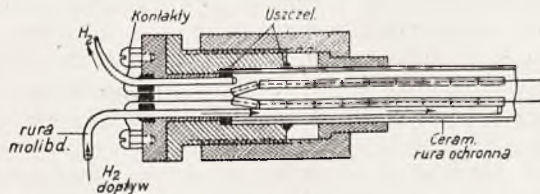
biona jest z 40% stali chromowej. Do środka rury biegnie drut palladowy, spawany z dnem rury. *SEM* jest duża i wynosi przy 1000 °C 28 *mV*, przy 1400 °C 50 *mV*.

Dla temperatur do 1200 °C wytwarzane są (Heraeus, Hanau 32-40) termopary z jednem ramieniem ze stopu złoto-pallad-platyna, drugiem — z *PtRh*. *SEM* przy 1000 °C wynosi 48,8 *mV*.

3. Inne szlachetne termopary. Termopary *Pt — PtIr* (Barus) dające większą niż *Pt — PtRh SEM* i używane dawniej dla temperatur do 1200° C, z powodu skłonności *Ir* do sublimowania w wysokich temperaturach już się dziś nie stosuje.

W ostatnich czasach ukazały się (Siebert, Hanau) termoelementy *Pt—Pt* Renium z oznaczeniami H_1 i H_2, przedstawione na rys. 23. Posiadają one znacznie większą *SEM* niż *PtRh*. Używanie H_1 dozwolone jest krótko do 1600° C, H_2 — do 1400° C. Powyżej 1200° C także ma miejsce sublimowanie. Cena ich odpowiada mniej więcej cenie *PtRh*.

Dla temperatur do 2000° C produkowane (Heraeus) termopary *Ir — Ir* Ruthenium, dla podniesienia *SEM* zostały zastąpione później przez *IrRh — Ir* Ruthenium. Posiadały one dwie wady: Ruthenium szybko się spalało, co powodowało konieczność częstego wzorcowania i stopy były bardzo kruche, mogły więc być używane tylko ze szczególną ostrożnością.



Rys. 33

Termoelement dla pomiaru bardzo wysokich temperatur (*W — Fe WMo*) przy użyciu H_2 jako gazu ochronnego.

Ostatnio prowadzone prace (Heraeus) nad udoskonaleniem wyżej wymienionych termoelementów doprowadziły do wynalezienia termoelementu o jednem ramieniu z czystego *Ir*, drugiem ze stopu 60% *Rh* 40% *Ir*. Mogą ono być używane nawet powyżej 2000° C, odznaczają się przytem większą odpornością i nie potrzebują być tak często wzorcowane. Odznaczają się one także większą odpornością na uszkodzenia mechaniczne, mniejszą wagą, oraz znacznie niższa ceną, gdyż *Rh* jest tańszy (i lżejszy) od czystego *Ir*. Zależność *SEM* od temperatury jest prawie linjowa i wynosi ~ 10,85 *mV* przy 2000° C. W tym obszarze temperatur wielką rolę gra odpowiedni materjał rur ochronnych.

4. Termoelementy Wolfram - Molibden. Ze względu na wysoki punkt topnienia (powyżej 3000° C) metale grupy *Mo — W* byłyby najodpowiedniejsze do pomiaru wysokich temperatur, lecz już nawet w niższych temperaturach można je używać tylko w próżni lub w atmosferze gazu chroniącego. Prace prof. Piraniego i Goedecke doprowadziły do stworzenia z tych metali termoelementu Wolfram — 1% *Fe* Molibden (rys. 31) oraz Wolfram — 1% *Fe* Wolfram Molibden, dających przy 2000° C 16 *mV SEM* i używalnych prawie do 3000° C: Rys. 33 pokazuje schemat wykonania takiego elementu w nieprzepuszczalnej dla gazów rurze ochronnej z Sinterkorundu (tlenku glinu) lub tlenku berylu. Gazem ochronnym jest wodór doprowadzany rurką molibdenową wgłąb rury ochronnej i spalany u wylotu drugiej rurki. Przy zupełnie nieprzepuszczalnej rurze ochronnej można zrezygnować z przepływu wodoru, lecz wtedy wrazie najmniejszej przepuszczalności rury termopara ulega zniszczeniu.

Nieszlachetne termopary.

Mogą one być robione z grubszych drutów niż poprzednie, wskutek czego podnosi się ich wytrzymałość i długotrwałość. Powyżej 500° C jednakże przy wszystkich prawie przemysłowych gazach trzeba używać szczelnych rur ochronnych.

Średnica drutów wynosi przeważnie 3 — 4 *mm*. Tam tylko, gdzie chodzi o szybkie pomiary używa się nagich drutów i daje się mniejsze grubości. W pirometrach do zanurzania w roztopionych metalach daje się druty do 6 *mm* grubości.

5. Termopara żelazo-konstantan. Termopara ta zyskała bardzo duże rozpowszechnienie w przemyśle z powodu niskiej ceny oraz trwałości i stosunkowo dużej *SEM*. Jeden drut zrobiony jest z miękkiego żelaza, drugi z konstantanu o składzie 42% *Ni*, 57,3% *Cu*, 0,7% (*Fe* + *Mn*). W praktyce przemysłowej termopary te wykonywane bywają często w ten sposób, że drut konstantanowy 2 — 3 *mm* grubości po nasunięciu nań rurek izolacyjnych wpuszcza się do zwykłej rury gazowej stalowej i spawa z nią tworząc szczelne dno. Ponieważ spawanie bezpośrednie ze względu na duże różnice punktów topnienia obu tych metali (konstantan 1280° C) jest dość trudne, lepiej jest więc najpierw krótki kawałek drutu żelaznego spawać z drutem konstantanowym i potem drut żelazny spawać z rurą tworząc szczelne dno. Dodatkową izolację uzyskuje się przez owinięcie drutu konstantanowego sznurem azbestowym. W ten sposób rura żelazna stanowi jednocześnie osłonę ochronną dla drutu konstantanowego.

Do drugiego końca rury przypawa lub przylutowuje się miękki drut żelazny, który tworzy dodatni biegun termoelementu.

Powierzchnie spawane muszą być pozbawione tlenków, wnoszących niedozwolone opory w obwód termopary. Termopara taka przedstawiona jest na rys. 34 a.

Dobre połączenie wskazuje również rys. 34 b. Drut konstantanowy jest wpuszczony w otwór kawałka żelaza i spawany wzgl. przylutowany doń. Płytka żelazna o średnicy takiej, że lekko wchodzi do rury, wpuszczona jest następnie do jej końca i spojona z nią tworzy dno.

Przed użyciem wskazane jest dobre wyżarzenie drutów w celu ujednorodnienia struktury (usunięcie efektu Becquerela).

Zaletą tej termopary jest, że zależność *SEM* od temperatury jest do samego stopienia prawie prostolinijna bez punktów załamań. Przy ~ 500° C krzywa doznaje maleńkiego zaklęśnięcia, które jednak nie wpływa na dokładność pomiaru.

Obszar używalności tej termopary sięga 700 °C a chwilowo nawet 1100° C. Przy 1200° C konstantan staje się tak miękki, że pomiar jest niemożliwy.

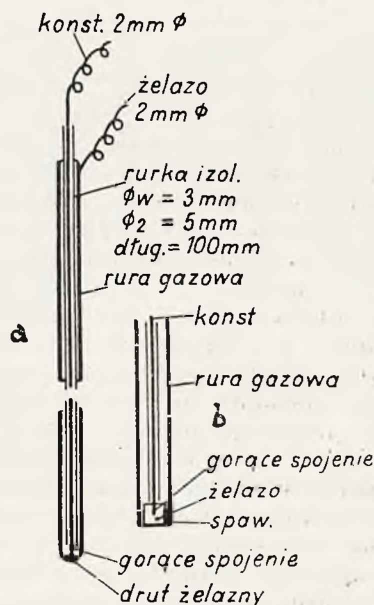
Przy użyciu galwanowetrów o małem całkowitem wychyleniu (np. przeznaczonych dla termopar *Pt — PtRh*) zachodzi z powodu dużej *SEM* omawianej termopary często konieczność zmniejszania wychyleń galwanometru. Uskutecznić to można przez włączenie dodatkowego oporu w obwód termopary przed galwanometrem. Prawidłowem jest wówczas tylko korzystanie ze skali *mV*. Najwygodniej jest przytem opór dodatkowy robić równy pełnej n-tej wielokrotności całkowitego oporu obwodu termopary, mianowicie sumy oporów galwanometru i przewodów. Jeśli opór przewodów jest bardzo mały w stosunku do oporu galwanometru, to można go w tych rachunkach pominąć. Wówczas właściwa *SEM* termopary będzie *n* razy większa od wskazanej przez galwanometr.

Drutów konstantanowych nie udaje się jeszcze produkować tak jednakowych co do składu, jak druty platynowe. Pociąga to za sobą konieczność nowego wzorcowania po nabyciu nowego drutu, przynajmiej raz dla każdej szpuli. Skład żelaza (jeśli chodzi o miękkie żelazo) nie wpływa w takim stopniu na wartość *SEM*.

Termopary *Fe* — konstantan odznaczają się największą odpornością na działanie redukującej atmosfery, dlatego dla ochrony używa się rur redukujących. Przy stałem użyciu przez dłuższy czas nie ulegają spalaniu tylko w temperaturach poniżej 700° C. W poszczególnych wypadkach termopary *Fe*— konstantan używane w ciągu kilku miesięcy do mierzenia strumienia podgrzanego powietrza wielkopiecowego przy 700 ÷ 800° C nie zmieniały *SEM*.

6. Żelazo - nikiel. Przygotowanie tych termopar nie różni się od poprzednich. Na skutek wyższego punktu topienia niklu można ją używać chwilowo do temperatury o ~ 150° C wyższej, a więc do 1200 — 1300° C. Krzywa *SEM* (rys. 23) nie posiada jednak tak regularnego przebiegu i dlatego pomiar tą termoparą nie jest tak dokładny.

7. Chromel - Alumel (*Ni — NiCr*). Termopary te zastosowane najpierw w Ameryce odznaczają się największą trwałością z pośród nieszlachetnych. Skład ich jest następujący:



Rys. 34
Termoelement rurowy *Fe* — Konstantan.

Ramię niklowe — 94% *Ni*, 2,0% *Al*, 1% *Si*, 2,5 *Mn*.

Ramię *NiCr* — 89% *Ni*, 10% *Cr*, 1% *Fe*.

Termopara ta może być używana stale do 1200° C chwilowo do 1300° C.

W Europie obok wyżej wymienionego stosuje się także nieco odmienny skład, mianowicie: Ramię niklowe posiada tylko małe domieszki dla zwolnienia rekrystalizacji, ramię *NiCr* posiada 15% *Cr*, wskutek czego jest bardziej odporne na spalenie.

Przebieg zależności *SEM* od temperatury jest prawie prostolinjowy.

Zachowanie składu chemicznego materjałów z różnych wytopów, tak jak i w poprzednich termoparach, nie jest jeszcze tak dokładne i stąd różnice pomiędzy termoparami z różnych wytopów dochodzą do ± 15° C, wskutek czego każdy nowy zapas materjału pochodzący z jednego wytopu powinien być przynajmiej na jednej termoparze wywzorcowany.

Przy dłuższem użyciu występuje zwłaszcza w redukującej atmosferze zmiana *SEM*, a druty stają się kruche. W zwykłych piecach z kilku procentami niespalonych gazów w krótkim czasie (kilka minut) kruszeje ramię niklowe; atmosferę wodorową wytrzymuje ono dobrze, za to prędzej następuje tam niszczenie ramienia chromoniklowego.

8. Nikielchrom - konstantan (chromel - copel). Są one dość rozpowszechnione w Ameryce i wyróżniają się największą *SEM* (jeśli pominąć termoelementy grupy telluru) i dlatego używane bywają także do pirometrów optycznych całkowitego promieniowania. Chromel jest stopem o składzie 64% *Ni*, 25— *Fe*, 11— *Cr*. Copel — 45— *Ni*, 55— *Cu*. Zakres zastosowań do 700° C.

9. Miedź-konstantan. Termopara ta używana bywa często do pomiaru temperatur niższych np. w przewodach parowych. Jest ona zbliżona własnościami do termopary *Fe*-konstantan i posiada prawie zbliżoną do tamtej *SEM*. Posiada ona praktycznie tę dużą przewagę w stosunku do termopary *Fe*-konstantan, że miedź jest bardziej odporna na wpływy atmosferyczne niż żelazo, tak że szczególnie w wilgotnych pomieszczeniach w niższych temperaturach jest odpowiedniejszą. *SEM* posiada już w niższych temperaturach przebieg prawie linjowy i dość dużą wartość (~ 4 *mV*100° C), jest więc w zakresie niższych temperatur szczególnie odpowiednią. Charakterystycznem zastosowaniem tej termopary jest również pomiar temperatur poniżej zera (nawet do — 253° C). Górna granica stosowalności wynosi 600° C. Powyżej używa się żelazo-konstantan.

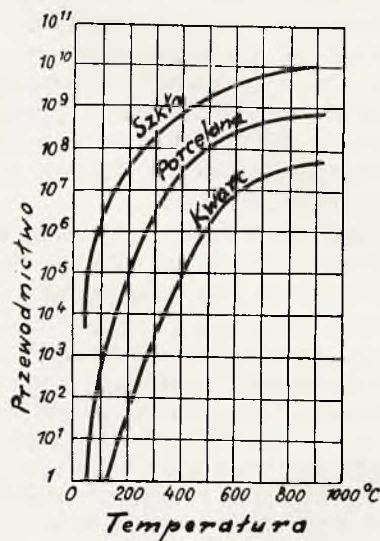
Krzywa *SEM* zależy od czystości miedzi. Dla uzyskania wymienności należy używać miedzi czystej chemicznie wzgl. elektrolitycznej. Unikać należy dlatego używania zwykłych przewodników miedzianych.

W niższych temperaturach używa się tej termopary w postaci izolowanych drutów bez osłon. Powyżej 400° C ta postać ze względu na szybkie utlenianie się drutu miedzianego nie jest odpowiednią i używa się wtedy rurowej formy elementu (jak *Fe* konstantan). Miedź posiada kształt rurki o średnicy zewnętrznej 8 *mm*, wewnętrznej 6 *mm*. Drut konstantanowy o średnicy ~ 2 *mm* owinięty azbestem wprowadza się do środka rurki miedzianej i przylutowuje. Rurka może być zaopatrzona w nagwintowany kołnierz do bezpośredniego wkręcania w ścianki pomieszczeń wzgl. rurociągów. Jeśli rura jest zanurzona w gazach zawierających kwasy jej część zanurzona powinna być poniklowana.

10. Srebro - konstantan. Termopara ta posiada taką samą *SEM* jak *Cu* konstantan, lecz jest bardziej odporna na utlenianie. Używa się przeważnie w laboratorjach do 600° C.

E. Rurki izolacyjne.

Poważnem źródłem błędów przy pomiarze wysokich temperatur (ponad 1000°C) są rurki izolacyjne nanizane na druty termopary w celu odizolowania ich wzajemnego i od otoczenia. Okazuje się, że żaden z materjałów na rurki nie wyłączając kwarcu, powyżej 1000°C) nie jest dobrym izolatorem. Niepewność podnosi i to, że co do stopnia przewodnictwa tych materjałów w wysokich temperaturach niema jeszcze dostatecznie ścisłych danych. Rurki stanowią dla przejścia prądu z jednego ramienia do drugiego bardzo dużą powierzchnię, która nawet przy małem ich



Rys. 35

Przewodnictwo materjałów izolacyjnych w wysokich temperaturach.

przewodnictwie może prowadzić do poważnego odpływu prądu w obwodzie zamkniętym (krótko-spiętym) w termoparze z ominięciem galwanometru, co przy niedostatecznej grubości drutów termopary powoduje duży spadek napięcia. Ma to więc szczególne znaczenie przy termoparach cienkich i wysokooporowych. Rys. 35 pokazuje wzajemne ustosunkowanie przewodnictw różnych materjałów w różnych temperaturach.

Rurki kwarcowe mają tę zaletę w stosunku do innych, że są trwałe, cienkie i niewrażliwe na zmiany temperatur. Nie należy ich używać jednakże tam, gdzie się używa żelaznych rur ochronnych. W wysokich temperaturach kwarc zostaje przez tlenek żelaza bardzo szybko zniszczony. W tych wypadkach, a także ze względów oszczędnościowych używa się rurek z materjałów porcelanowych, glinianych, magnezowych. Szklane rurki lub perełki więcej jeszcze stają się przewodzącemi i używać ich można tylko do 500°C.

Używanie do izolacji sznura azbestowego (bez bawełny) nie jest tak wygodne, izolacja sama zaś nie jest zbyt trwała na naprężenia mechaniczne i w wysokich temperaturach także niepewna ze względu na przewodnictwo.

Dla termopar do 120°C wystarczy izolacja bawełniana lub jedwabna. Emaljowane druty można stosować dla temperatur poniżej 200°C.

Długość rurek powinna być nie duża (nie większa od 100 *mm*), wtedy bowiem druty są jeszcze dostatecznie wiotkie i naciągnięcie rurek na druty nawet niebardzo proste nie sprawia trudności. Dla drutów o średnicy 0,6 *mm* (platynowych) daje się rurki o średnicy wewnętrznej 1 — 2 *mm*, dla grubszych — obiera się rurki tak, by luz wynosił 1 ÷ 1,5 *mm*.

F. Rury ochronne (osłony).

Dla ochrony termoelementów przed mechanicznemi i chemicznemi działaniami zewnętrznemi używa się rur ochronnych z kwarcu, materjałów ceramicznych grafitu lub metali. Rys. 36 przedstawia różne typy przemysłowych rur ochronnych.

Najważniejsze warunki jakie muszą spełniać osłony są: 1) nieprzepuszczalność dla gazów, 2) wytrzymałość w wysokiej temperaturze, 3) wytrzymałość na zmiany temperatur, 4) wytrzymałość mechaniczna na uderzenia i złamania, 5) dostateczne przewodnictwo cieplne, by szybko przenosiły zmiany temperatury z otoczenia na termoelement, 6) sama osłona nie powinna wytwarzać gazów, któreby niszczyły termoparę.

Spełnienie tych wszystkich warunków w wysokich temperaturach jest nieraz bardzo trudne i stanowi o używalności termoelementu.

Bardzo dziś rozpowszechnione rury kwarcowe, które przy pionowem położeniu utrzymują się do 1400°C, stają się już przy ≈ 1200°C tak miękkie, że w poziomem położeniu przy ≈ 40 *cm* swobodnej długości zwisającej nie mogą być używane. Wytrzymują one dobrze szybkie zmiany temperatur; dopiero jeśli dłuższy czas przebywają w wysokiej temperaturze, to podlegają zmianom wewnętrznym, które przy ochładzaniu prowadzą do zniszczenia ich. Często się zdarza, że rury kwarcowe, które się wyjmuje nieuszkodzone z pieca rozpadają się nagle gdy ostygną do temperatury ~ 300°C.

W obecności soli alkalicznych rury kwarcowe stają się przepuszczalne dla gazów już w temperaturze 600 — 800°C. Tlenek żelaza niszczy także bardzo szybko. Przepuszczalność rur kwarcowych dla gazów redukujących np. wodoru jest szczególnie niebezpieczna przy termoparach platynowych, gdyż następuje wtedy redukcja tlenku krzemu, a metaliczny krzem bardzo szybko niszczy platynę. Jeśli rury kwarcowe pozbawione są szpar i są nieprzepuszczalne dla gazów, wówczas mogą być używane nawet w redukującej atmosferze dla termopar platynowych. Tworzy się wtedy na powierzchni rury warstwa krzemu, która jednak nie ma żadnego wpływu, dopóki niema połączenia z wnętrzem rury.

Przy ciągłej pracy rury kwarcowe mogą służyć dla temperatur do 1000°C. Dużą zaletą stosowania rur kwarcowych jest mała bezwładność urządzenia, pozwalająca na szybkie dokonywanie pomiaru (2 ÷ 3 minut), czego nie daje się osiągnąć przy innych osłonach.



Rys. 36
Osłony termoelementów przemysłowych.

Dla termopar platynowych ze względu na ich pracę w wysokiej temperaturze używa się częściej osłon z trudno topliwych materjałów np. porcelany. Charakterystyczną cechą porcelany jest, że w temperaturze znacznie niżej leżącej od temperatury topnienia staje się ona miękka i rury przy położeniu poziomem się wyginają. Z tego względu używa się na osłony tylko specjalnej porcelany.

Twarda porcelana zawierająca ~ 25% $Al_2 O_3$ mięknie ~ 1400°C. Po dobrem wypaleniu jest ona do temperatury 1300°C także nieprzepuszczalna dla wszelkich gazów i dlatego jest lepsza od kwarcu.

Z pośród wielu używanych materjałów zbliżonych do porcelany należy wymienić materjał o zawartości ~ 40% gliny (Markuardmasse). Posiadają one dużą wytrzymałość w wysokich temperaturach i nie miękną. Lecz są one tak bardzo wrażliwe na szybkie zmiany temperatur, że tylko przy zachowaniu wielkich ostrożności udaje się je włożyć do pieca lub stamtąd wyjąć. Dlatego nadają się one tam, gdzie dłuższy czas mogą pozostawać w piecu, a nie tam, gdzie zostają zanurzone tylko dla jednego pomiaru. Ze względu na porowatość muszą być pokryte nieprzepuszczalną glazurą. Granica używalności—1400°C.

Ze względu na małą odporność tych materjałów na roztopione alkalja i tlenki metali, a także dla usunięcia wpływu szybkich zmian temperatur na te materjały, używa się ich zwykle w bardzo wysokich temperaturach

(powyżej 1200°C) jako wewnętrznych rur ochronnych i otacza je z zewnątrz osłonami silitowemi (*SiC*) lub szamotowemi.

Silit utrzymuje bardzo dobrze wielokrotne szybkie zmiany temperatury i odznacza się dużą wytrzymałością w wysokich temperaturach. Jest on najbardziej odporny na zanurzanie w roztopionych metalach lub szkle. Jako osłona dla rur marquardowych silit nieszczególnie się nadaje, gdyż posiada bardzo duże przewodnictwo cieplne, wskutek czego wewnętrzna rura narażona jest na zbyt szybkie zmiany temperatury.

Mniejsze przewodnictwo cieplne posiadają szamotowe osłony zewnętrzne. Są one zupełnie porowate i służą tylko jako ochrony przed działaniem płomieni i szybkiemi zmianami temperatur. Ponieważ grubość ścianek jest dość duża (5 ÷ 10 *mm*) należy się zawsze liczyć z większą bezwładnością i większym czasem potrzebnym do dokonania pomiaru.

Jako zewnętrzne rury ochronne używa się często grafitu (przeważnie do płynnych metali, zwłaszcza *Al* silnie nagryzającego porcelanę). Ze względu na znaczne przewodnictwo cieplne dla pomiaru wystarcza czas ∼ 5 minut. Dłuższe przetrzymywanie jest niewskazane ze względu na spalanie grafitu. Z powodu istnienia redukującej atmosfery wewnątrz osłony grafitowej, rury wewnętrzne chroniące termoelement platynowy muszą być nieprzepuszczalne dla gazów.

Wyżej wymienione materjały używane są przeważnie dla termopar platynowych i w temperaturze powyżej 1000°C. Dla termopar nieszlachetnych używa się jako osłon przeważnie rur metalowych. Przy temperaturze do 1100°C (krótko do 1250°C) rury metalowe odpowiadają bardzo dobrze wyżej wymienionym warunkom dobroci osłon.

Miedź i jej stopy (bronz, monel). Osłon tych używa się do temperatury 500°C, zwłaszcza do pomiaru temperatury pary i gazów oraz w przemyśle chemicznym, ze względu na dużą odporność tych metali na korozję. Dla usunięcia utleniania się używa się rur miedzianych niklowanych lub chromowanych.

Żelazo i stal. Ze względu na wysoki punkt topnienia żelaza używa się tych materjałów do wyższych temperatur.

Rury z żelaza lanego muszą posiadać dość grube ścianki, gdyż cieńsze są przepuszczalne. Naskórek odlewniczy tworzy dobrą ochronę i dlatego nie usuwa się go. Rur tych używa się do mierzenia temperatur roztopionych alkalji i cyny.

Czyste żelazo (Armco) używane bywa do 550°C dla roztopionego cynku i ołowiu. Zwykłe rury stalowe zachowują się dobrze w temperaturze do 700°C.

Dla ochrony przed szkodliwem działaniem gazów pokrywa się rury powłokami ochronnemi. Powłoki ochronne otrzymuje się przez emaljowanie, pokrywanie powierzchni na drodze chemicznej, lub pokrywanie metalami na drodze elektrochemicznej (np. niklowanie wyż. wymienionych osłon miedzianych).

Rury pokryte cienką warstwą trudno topliwej emalji wytrzymują temperatury do 700°C.

Uodpornianie rur ochronnych na drodze chemicznej (kaloryzowanie, alitowanie) pozwala podnieść obszar ich stosowalności do 900° ÷ 1000°C. Kaloryzowanie polega na tem, że rury stalowe żarzy się przez kilka godzin przy temperaturze 800 ÷ 900°C w proszku aluminjowym z kilku procentami salmiaku. Po wyjęciu rury posiadają srebrzystą powłokę, której grubość zależna jest od czasu procesu. Alitowanie jest podobnym zabiegiem stosowanym przez firmę Krupp. Zabiegi te trzykrotnie przedłużają trwanie osłony. W ogólności rury te zostają w ostatnich czasach wypierane przez bardziej odporne rury chromoniklowe.

Stal chromowa. Dodatek chromu (do 30%) podnosi wysoce odporność rur stalowych. Osłony takie wytrzymują dobrze atmosferę utleniającą i redukującą gazów zawierających siarkę.

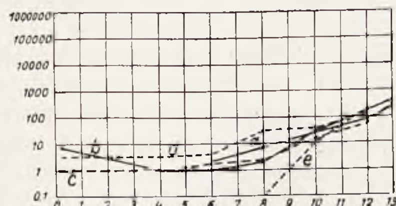
Nikiel. Osłony niklowe są stosunkowo drogie i używane bywają tylko w specjalnych wypadkach. Mogą one być trwale do 1100°C używane, a chwilowo do 1250°C. Używa się ich do kąpieli hartowniczych. Warunkiem dobrego zachowania się jest używanie czystego niklu. Zanieczyszczenia rozpuszczają się w kąpieli i prowadzą wkrótce do zupełnego zniszczenia osłony.

Osłony chromoniklowe. Odznaczają się one bardzo dużą trwałością i odpornością na utlenianie i gwarantują dobrą ochronę termoelementom do temperatury 1100°C—1200°C. Zastosowania ich są bardzo duże, zawsze jednak zwracać trzeba uwagę na istnienie siarki w atmosferze. Neutralna i utleniająca atmosfery dobrze są znoszone przez te rury, redukująca — gorzej, najgorzej — naprzemian zmienne: utleniająca i redukująca.

Niektóre z tych materjałów są drogie zwłaszcza przez ich obróbkę, gdyż wysokoprocentowy dodatek chromu utrudnia kształtowanie bez naprężeń. Niektóre dają się ciągnąć nawet razem z dnem, większość jednakże można tylko odlewać. Dziś używa się przeważnie rur tworzonych z walcowanej blachy przez zarolowanie i spawanie. Technika spawania stoi już tak wysoko, że i te rury są zupełnie nieprzepuszczalne dla gazów. Spaw zachowuje się w wysokich temperaturach tak samo, jak reszta materjału.

Skład materjałów używanych jest rozmaity. W Ameryce używa się do tego celu najczęściej chromelu o składzie 80% Ni, 20% Cr. W Europie — 50 ÷ 75% Ni, 1 — 20% Cr, czasem dodaje się jeszcze manganu.

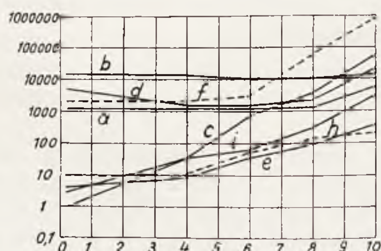
Ze względów oszczędnościowych robi się te rury tylko na niezbędnej długości i spawa ze stalowemi rurami. Grubość ścianek schodzi w dół do 2 *mm*, tak że przenoszenie ciepła na termoelement następuje bardzo szybko.



Rys. 37
Przepuszczalność rur ochronnych porcelanowych i kwarcowych:

a — porcelana glazurowana
b — porcelana nieglazurowana, grub. ścianki 3 *mm*
c — „ „ „ „ 3,5 *mm*
d — kwarc topiony „ „ 1 *mm*
e — „ „ „ „ 1 *mm*

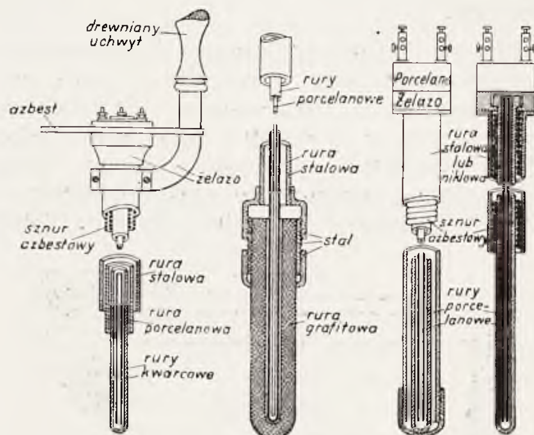
Molibden. Nadaje się on szczególnie ze względu na bardzo wysoki punkt topliwości (— 2500°C) i dużą odporność na działania chemiczne (ciekłych metali). Jednakże wysoka cena stoi na przeszkodzie jego rozpowszechnieniu.



Rys. 38
Przepuszczalność rur ochronnych metalowych

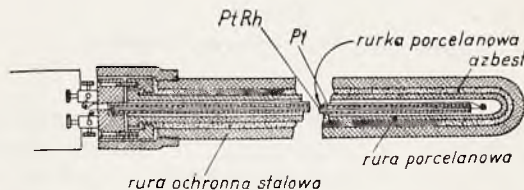
a — rura chromoniklowa lana, grub. ścianek 5 *mm*
b — stal niklowa „ „ „ 4,5 *mm*
c — „ chromowa „ „ „ 6 *mm*
d — „ „ walcowana i spawana 2 *mm*
e — „ „ z dodatkiem C, lana 5 *mm*
f — rura stalowa bez szwu 6 *mm*
h — rura stalowa lana kaloryzowana 3,5 *mm*
i — rura chromoniklowa lana 4 *mm*

Przy użyciu termoelementów w wyższych temperaturach ma szczególne znaczenie nieprzepuszczalność rur ochronnych dla gazów, za względy na niszczący wpływ chemiczny tych ostatnich. Dlatego jest rzeczą pożądaną przed użyciem niewypróbowanych rur sprawdzić ich nieprzepuszczalność. Praktycznie odbywa się to w ten sposób, że rurę ochronną wprowadza się ostrożnie do ciepłego pomieszczenia i przyłącza do niej szczelnie przy pomocy węża gumowego aparat Orsata lub napełnioną flaszkę i obserwuje się czy



Rys. 39
Termoelementy z oprawkami.

przy opuszczaniu flaszki i powstawaniu stąd ssania gaz wzgl. powietrze dostaje się przez rurę do jej wnętrza. Nieprzepuszczalność



Rys. 40
Termoelement *Pt—Pt Rh* w oprawie przemysłowej.

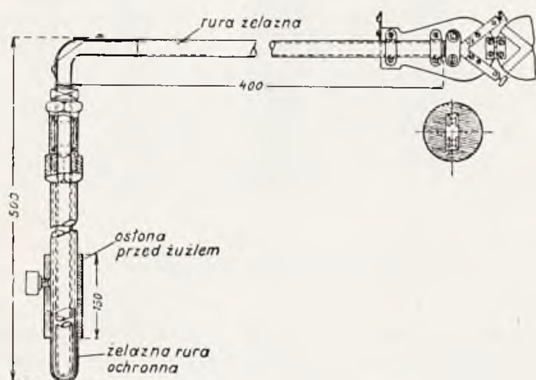
otrzymuje się także przez pokrycie powierzchni szkłem wodnem, które przy wyższych temperaturach wytwarza glazurę. Rys. 37 i 38 ilustrują przepuszczalność poszczególnych rur ochronnych z różnych materjałów i dla różnych temperatur w jednostkach $10^{-6} cm^3/h \cdot cm^2$, przy różnicy ciśnień zewnątrz i wewnątrz rury równej 1 atmosferze.

Na rys. 39 przedstawiono kilka typów opancerzonych termoelementów. Rys. 40 przedstawia termoelement *Pt — Pt Rh* w oprawie przemysłowej. Na rys. 41 przedstawiony jest uzbrojony termoelement kolankowy.

Najtrudniejszą sprawą jest używanie rur ochronnych przy bezpośredniem mierzeniu temperatury roztopionych metali, t. zn. tam, gdzie termoelement bezpośrednio przez jakiś czas zanurzony musi być w spławie. Pomijając metale białe, które w normalnych temperaturach rur żeliwnych prawie nie naruszają, prawie wszystkie metale poza żelazem i ich stopy niszczą rury ochronne bardzo szybko. Takich metali lub stopów, które

z glinem, miedzą i t. p. i ich stopami nie wchodzą w związki chemiczne — niema, i nawet rury ze stali chromowej, które się wyróżniają naogół swą odpornością na korozję, są przez stopy miedzi w występujących normalnie temperaturach w ciągu kilku godzin przeżerane.

Używanie rur ochronnych do pirometrów zanurzeniowych poza wymienioną wadą, mianowicie szybkiem niszczeniem ich wskutek korozji nawet w wypadku używania najlepszych materjałów posiada jeszcze drugą ujemną stronę, mianowicie dużą bezwładność i potrzebę dużego czasu dla pomiaru. Dlatego też bardzo często do szybkich pomiarów temperatury w odlewniach i hutach używa się pirometrów zanurzeniowych z gołemi ramionami. Dla pomiarów w stopach miedzi i in. używane są do tego celu elementy *Ni—Cr* (czasem przypawane do dna rur ochronnych). Z powodu wysokich temperatur używa się albo bardzo długich termoelementów albo kolankowych.



Rys. 41
Opancerzony termoelement kolankowy.

Dla metali białych, *Zn* i *Al* do 800° C używa się najczęściej *Fe*—konstantan. Oprawki tych elementów posiadają specjalne zaciski, do których przymocowuje się druty o długości ~ 40 *cm*. Druty te są wymienne. Od zacisków prowadzą przez oprawkę pirometru druty z tego samego materjału aż do uchwytu, od którego prowadzi kabel do galwanometru.

Te nieosłonięte termoelementy posiadają trzy wady: 1) w obecności żużla druty pokrywają się szybko jego powłoką, co wpływa na pomiar temperatury, 2) pomiar temperatury jest niespokojny, strzałka galwanometru wciąż chodzi i utrudnia odczyt. Ponieważ w praktyce przy jednoczesnej kontroli wielu spławów, odczyty powinny iść prędko — te trudności są bardzo nieprzyjemne, 3) nawet w najlepszych warunkach przy użyciu gołych elementów mierzy się właściwie temperaturę powierzchni metali, która może się znacznie różnić od najwyższej temperatury w środku spławu. Przy topieniu stopów metali białych, *Cu, Zn, Al* lub innych, które pozwalają na poruszanie kąpieli, ten błąd ma mniejszy wpływ.

Poza wymienionemi istnieje jeszcze jedna ujemna strona stosowania gołych termoelementów. Podczas gdy zanurzanie w spławach białych metali, *Al* i niektórych innych druty termopary są tylko nieznacznie naruszane, niszczenie ich w spławach wysoko topliwych jest bardzo duże. Zwłaszcza stopy mosiądzu bogate w *Zn* niszczą zanurzone w nich końce drutów elementu już po kilku pomiarach, tak, że trzeba je zmieniać. Tę ujemną stronę usuwa się w dwojaki sposób. Pierwszy polega na umieszczeniu na końcu oprawki specjalnych zacisków, do których przymocowane są druty ~ 40 *cm* długości. Zaciski te pozwalają na łatwą wymianę drutów termoelementu.

Drugi sposób polega na tem, że druty wypuszczone nazewnątrz oprawki na długości ~ 30 *cm* i skręcone na końcu przechodzą z drugiej strony przez oprawkę i z zapasem nawinięte są na szpulę przed galwanometrem. W miarę spalania końców drutów można je przez równomierne wyciąganie z oprawki doprowadzić z powrotem do ich długości zewnętrznej ~ 30 *cm*. Nawet przy każdorazowem spaleniu końca ~ 10 *cm* może takie urządzenie z dwiema szpulami wystarczyć na 80 ÷ 100 pomiarów. Oczywiście w grę wchodzi tu zmiana oporu obwodu termoelementu, którą trzeba uwzględniać i dawać druty dość grube (1 ÷ 2 *mm*) przy dużym wewnętrznym oporze galwanometru.

G. Przewody i połączenia.

Przy pomiarze temperatury termoelementem metodą bezpośrednią (nie kompensacyjną) nie mierzymy właściwie *SEM* lecz prąd w obwodzie termopary. Wskutek tego opór obwodu 4-omowy powoduje już 2% błędu w pomiarze temperatury.

Termoelementy z cienkich drutów mają tak duże opory, że albo trzeba używać metody kompensacyjnej, albo robić termopary bardzo krótkie i stosować galwanometry wysoko oporowe. (Drut konstantanowy średnicy 0,2 *mm* posiada opór ~ 16 *omów/metr*. W półmetrowej więc termoparze opór samego drutu konstantanowego wynosi 8 *omów*. Galwanometry niskoomowe (do 100 *omów*) mogą być używane tylko przy krótkich i grubych drutach termoelementów, lub też termoelement musi być wzorcowany z całym zainstalowanym obwodem i galwanometrem.

W praktyce często zachodzi potrzeba posiadania obok jednego wskaźnika tempera-

tur w miejscu pomiaru, jeszcze drugiego np. ustawionego w pokoju kontrolera wzgl. zainstalowania urządzeń rejestrujących przebieg temperatury. Otóż włączenie równoległe w obwód termopary drugiego galwanometru wzgl. instrumentu samopiszącego staje się często źródłem bardzo poważnych błędów, gdyż strata napięcia na skutek większego wówczas natężenia, przepływającego prądu w obwodzie termopary, jest również większa. Takie włączenie jest możliwe tylko wtedy, gdy opory obu instrumentów są bardzo duże w stosunku do oporu obwodu termopary (więcej niż 200 razy) i przyłączenie dodatkowego instrumentu powinno w każdym razie mieć miejsce jaknajbliżej samej termopary.

Inż. Z. KLĘBOWSKI.

OBLICZENIE WYTRZYMAŁOŚIOWE PŁOMIENIC O PRZEKROJU ELIPTYCZNYM[1]).

Biorąc za podstawę wywody prof. M. T. Hubera[1]) oraz dane z codziennego doświadczenia inżynierów dozoru kotłów, będę zmierzał do podania obliczenia dzwona płomienicy eliptycznej w postaci możliwie prostej i łatwej w użyciu z uwzględnieniem jednak zasadniczych okoliczności mających wpływ na wytrzymałość.

W powszechnie znanych konstrukcjach kotłów lokomobilowych z płomienicami okrągłemi stosunek wewnętrznej średnicy płaszcza D_0 do zewnętrznej średnicy płomienicy D jest prawie stały i wynosi

$$\frac{D_0}{D} = \sim 1{,}5$$

wobec czego stosunek odnośnych przekrojów

$$\frac{F_0}{F} = \sim 2{,}2,$$

a co zatem idzie σ_l z wzoru (1) w artykule prof. Hubera możnaby wyrazić w sposób uproszczony, a mianowicie:

$$\sigma_l = \frac{2{,}5}{1{,}333} \cdot \frac{p \,.\, 1{,}2}{\pi\, D . g} = \sim 0{,}7\, \frac{p}{D . g} \quad . \quad . \quad (1)$$

Uproszczenie to wynika bezpośrednio z (rys. 1). W którym h_1 i h_2 oznaczają odległości środka ciężkości powierzchni trapezu od jego podstaw o długości B i b, jeżeli przyjmiemy $D_0 = 1{,}5\ D$ czyli

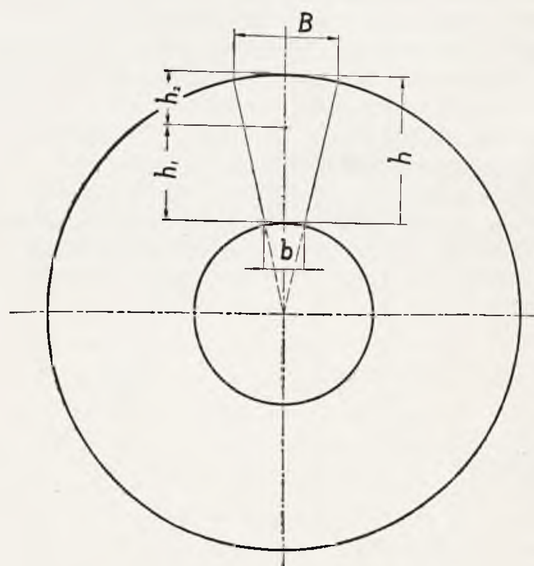
$$h = \frac{D_0 - D}{2} = \frac{0{,}5\, D}{2} = 0{,}25\ D,$$

a co za tem idzie $B = 1{,}5\, b$ oraz

$$h_1 = \frac{h}{3} \cdot \frac{b + 2\,B}{b + B} = 1{,}333\ D$$

$$\text{i}\ h_2 = \frac{h}{3} \cdot \frac{B + 2\,b}{B + b} = 1{,}167\, D$$

W płomienicach eliptycznych stosunek przeciętnej zewnętrznej średnicy płomienicy do wewnętrznej średnicy płaszcza pozostaje w przybliżeniu ten sam, wobec czego dla interesującego nas przypadku możnaby również przyjąć wzór (1).



Rys. 1

Dzięki warunkom konstrukcyjnym odbiegającym w rzeczywistości od rozpatrywanego modelu uproszczonego jakoteż dzięki specjalnym okolicznościom zachodzącym w płomienicy podczas pracy kotła, zjawiska zachodzące w płomienicy a mające bezpośredni wpływ na rozmieszczenie i wartość napięć komplikują się znacznie.

Płomienica jest, mianowicie, zawsze umieszczona nie w środku płaszcza lecz niżej, co powoduje iż σ_l jest różne w rozmaitych miejscach płomienicy, osiągając największą wartość na górze a najmniejszą na dole.

[1]) „Obliczenie wytrzymałościowe płomienic kotłów parowych o przekroju eliptycznym", *Technika Cieplna* Nr. 9 r. 1934.

[1]) Por. artykuł autora „Obliczenie walczaków, których przekrój prostopadły do osi posiada wewnętrzny zarys eliptyczny nieznacznie odbiegający od kołowego". *Technika Cieplna* Nr. 1 i 2 r. 1929.

Dzięki wyższej średniej temperaturze systemu rurowego płomienicy od temperatury płaszcza, system rurowy rozpycha dna.

Takie rozpychanie den — dzięki ich odkształcalności — powoduje powstawanie momentów zginających na końcach dzwon płomienicy starających się dogiąć kołnierze płomienicy, zmniejszając kąty proste, jakie tworzyły one z cylindryczną częścią płomienicy.

Umieszczenie środka płomienicy niżej środka płaszcza, oraz wyższa temperatura górnej części systemu rurowego w porównaniu z dolną, powoduje wyginanie płomienicy wypukłością ku górze, będące nową dodatkową przyczyną powstawania napięć, których rozmieszczenie i wartości są między innemi zależne od długości systemu rurowego.

Wszystkie te czynniki wpływają na wartość naprężenia σ_l zmiennego w zależności od położenia rozpatrywanej tworzącej.

Biorąc wszystkie te okoliczności pod uwagę i opierając się na wskazówkach podanych przez prof. Hubera, oraz zmierzając do otrzymania możliwie prostego wzoru obliczeniowego, proponuję uwzględnienie wpływu długości płomienicy dzięki niezmienności krańcowych przekrojów i istnieniu sił podłużnych, przez przyjęcie spółczynnika η mniejszego od jedności zależnego od długości dzwona płomienicy, zmniejszającego odpowiednio wartość wysiłku pochodzącego od ściskania

$$\sigma^1{}_0 = - \frac{p\,a}{g}$$

i zginania

$$\sigma_g = \pm \frac{M}{W} = \frac{6\,M}{g^2}.$$

Przyjmujemy iż wartość spółczynnika η jest zależna od stosunku $\frac{2\,a}{l}$, t.j. dużej osi elipsy do długości dzwona. Wartość tę przyjąłbym:

$$\eta = \frac{1}{3} \cdot \frac{l}{2\,a} = \frac{l}{6\,a}$$

lecz nie większe od 1.

Wobec tego, iż wymienione okoliczności mają wpływ bardzo duży jedynie na wartość momentu zginającego i nieznaczny na naprężenia pochodzące od ściskania, to przez spółczynnik η mnożymy w wyrażeniu wysiłku jedynie wyraz odpowiadający momentowi zginającemu.

Przy takich założeniach dojdziemy kolejno do wzoru obliczeniowego dla dzwona płomienicy eliptycznej w sposób następujący:

$$\frac{p\,a}{g} + \eta \frac{p\,a^2}{6}\left[2,2\left(\frac{b}{a}\right)^2 + \right.$$

$$\left. + 3\left(1 - \frac{b^2}{a^2}\right) \cdot 1 - \left(1,4\frac{b}{a} + 0,8\right)\right] : \frac{1 \cdot g^2}{6} \leq k_c$$

$$\frac{p\,a}{g}\left\{1 + \eta\frac{a}{g}\left[2,2 - 0,8\left(\frac{b}{a}\right)^2 - 1,4\frac{b}{a}\right]\right\} \leq k_c.$$

$$\boxed{\frac{p\,a}{g}\left\{1 + \eta\frac{a}{g}\left[2,2 - 0,8\frac{b}{a}\left(\frac{b}{a} + 1,75\right)\right]\right\} \leq k_c} \quad (2)$$

We wzorze tym a i b oznaczają w *cm* długość dużej i małej półosi eliptycznego walca połowiącego ścianką płomienicy, g grubość ścianki w *cm*.

Współczynnik η przyjmuje się jako równy

$$\eta = \frac{1}{3} \cdot \frac{l}{2\,a}$$

lecz nie większy od 1, l — długość dzwona płomienicy. k_c winno być tak dobrane aby przy próbie wodnej wysiłek nie przekraczał granicy plastyczności, a więc naprzykład

$$k_c = \frac{1800}{1,5} = 1200 \ kg/cm^2$$

lub

$$k_c = \frac{1800}{2} = 900 \ kg/cm^2.$$

O ile szew znajduje się mniej więcej na środku ćwiartki łuku elipsy można nie uwzględniać osłabienia przezeń spowodowanego.

Wzór (2) przy $\eta = 1$ dla przekroju kołowego t. j. dla $\frac{b}{a} = 1$ daje znany wzór dla walca, którego ścianki nie podlegają zaklęśnięciu:

$$\frac{p\,a}{g} \leq k_c.$$

Przykład liczbowy.

$2a = 73{,}3\ cm \quad 2b = 62{,}3\ cm \quad g = 1{,}3\ cm$ $l = 111{,}7\ cm$, ciśnienie winno być tak dobrane aby przy próbie wodnej wysiłek materjału nie przekroczył granicy plastyczności $k_c = 1800\ kg/cm^2$.

$$\eta = \frac{1}{3} \cdot \frac{111{,}7}{73{,}3} = 0{,}507; \quad \frac{a}{g} = \frac{36{,}65}{1{,}3} = 28{,}2;$$

$$\frac{b}{a} = \frac{62{,}3}{73{,}3} = 0{,}85.$$

$$28{,}2\, p \left\{1 + 0{,}507 \,.\, 28{,}2 \left[2{,}2 - 0{,}8 \,.\, 0{,}85\, (0{,}85 + 1{,}75)\right]\right\} = 1800$$

$$\underline{p = 8{,}93 = \sim 9\ kg/cm^2.}$$

Jeżeli przyjmiemy, że próbne ciśnienie jest 1,5 raza większe od roboczego, to płomienica może pracować przy ciśnieniu 6 *atn.*

KRONIKA TECHNICZNA

Poprawianie charakterystyki kotłów[1]).

Powodem zmniejszania się sprawności kotła podczas jego pracy jest charakter zmian obciążenia i stopień zanieczyszczenia powierzchni ogrzewalnej po stronie wody i spalin. Przyjmując, że kierownictwo ruchu dostatecznie dba o stan powierzchni ogrzewalnej, zasadnicze znaczenie dla sprawności ruchu kotła ma przebieg jego obciążenia.

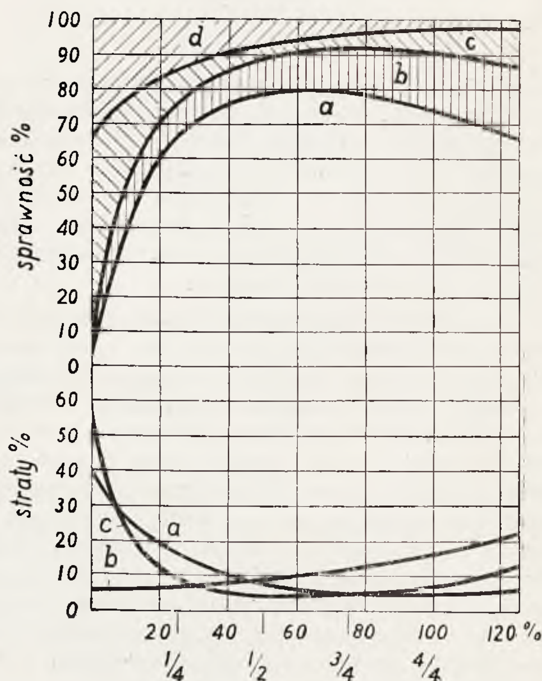
Najkorzystniejszą pracę kotła wyznacza obciążenie, dla którego sprawność jest najwyższa, co zwykle ma miejsce w granicach obciążeń od $^3/_4$ do obciążenia normalnego $^4/_4$. Dla obciążeń mniejszych od $^3/_4$ sprawność kotła zmniejsza się przedewszystkiem wskutek procentowego wzrostu strat na promieniowanie i strat popielnikowych; dla obciążeń większych od normalnego, sprawność kotła również zmniejsza się, chociaż procentowo straty promieniowania są mniejsze, jednak wskutek zbyt dużego obciążenia cieplnego komory paleniskowej wzrastają straty wskutek niezupełnego spalania, co jest połączone z wydzielaniem się sadzy. Podczas przeciążenia kotła, wskutek wyższych temperatur spalin, rosną również straty kominowe.

Przebieg pracy kotła dla różnych obciążeń uwydatnia dobrze krzywa sprawności kotła w zależności od obciążenia, czyli t. zw. charakterystyka kotła. Kształt charakterystyki zależy głównie od konstrukcji paleniska, od konstrukcji samego kotła i od jakości paliwa.

Na rys. 1 podane są charakterystyki kotła; krzywa *a* określa zmiany sprawności w zależności od obciążenia, *b* — zmiany strat ciepła w gazach spalinowych, *c* — zmiany strat popielnikowych i niezupełnego spalania, *d* — zmiany strat promieniowania. Powierzchnie zakreskowane w górnej części wykresu wyrażają odpowiednie straty.

Taki przebieg krzywych zachodzi w kotłach idealnie obsługiwanych. Praktycznie biorąc, dla obciążeń mniejszych i większych od normalnego krzywa charakteryzująca sprawność kotła będzie miała przebieg o większych nachyleniach po obu stronach.

Charakterystyki kotłów w zależności od konstrukcji paleniska, kotła i jakości paliwa, mogą mieć kształt krzywych mniej lub więcej dostosowany do danych warunków ruchu. Charakterystyka podana na rys. 2 wskazuje, że kocioł będzie pracował z dużą sprawnością przy różnych obciążeniach, gdy tymczasem kocioł o charakterystyce na rys. 3 będzie mniej odpowiedni dla ruchu ze zmiennemi obciążeniami i nieznaczne już odchylenie od najkorzystniejszego obciążenia, pociągnie za sobą bardzo znaczne zmniejszenie sprawności kotła.



Rys. 1

Na kształt krzywej sprawności mają również wpływ takie urządzenia, jak: strefowa regulacja, która

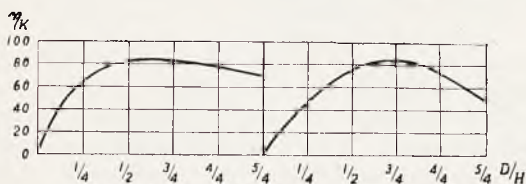
---

[1]) *Wiestnik Inżynierow i Technikow*, Nr. 5, rok 1934.

umożliwia utrzymanie płaskiej krzywej sprawności dla obciążeń mniejszych od normalnego, oraz doprowadzenie wtórnego powietrza.

Jak widać z przebiegu charakterystyk, średnia sprawność kotła przy pracy ze zmiennemi obciążeniami, a szczególnie przy obciążeniach wahliwych, będzie znacznie mniejsza od sprawności optimalnej.

Jednym ze sposobów poprawienia charakterystyki, a tem samem i sprawności kotła, pracującego ze zmiennemi obciążeniami jest zastosowanie cieplarki. Dla niewielkich wahań obciążenia stosowane jest nierównomierne zasilanie wodą kotła (podczas zmniejszania obciążenia większe zasilanie, podczas wzrostu obciążenia — mniejsze), lub też włączanie dodatkowych palników na pył, ropę lub gaz. W przypadkach równoległej pracy kilku kotłów, bardzo często pracę ich prowadzi się w ten sposób, że wahania obciążenia przejmowane są przez jeden kocioł (jeśli to tylko jest możliwe ze względu na jego wydajność), a reszta kot-



Rys. 2 i 3

łów pracuje pod obciążeniem normalnem a więc z wysoką sprawnością. Oczywiście w tych warunkach kocioł „regulujący“, nawet w okresach równomiernego obciążenia, będzie pracował z bardzo niską sprawnością, ponieważ pokrywa on tylko część obciążenia, jaka na niego przypada. Czy jest to rozwiązanie trafne, można dać odpowiedź po rozpatrzeniu charakterystyki kotła i przeprowadzeniu kalkulacji.

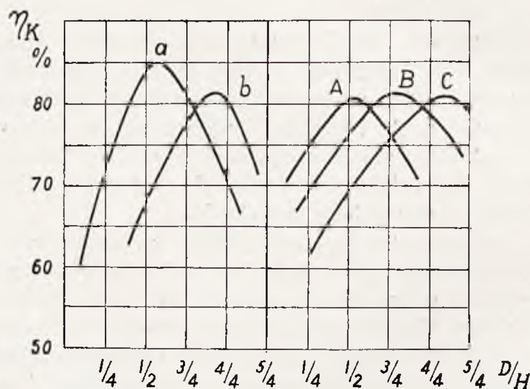
Zagadnienie wyrównywania charakterystyk dla pracy kotłów ze zmiennem obciążeniem w celu zmniejszenia zużycia paliwa ma bardzo poważne znaczenie.

Niżej podany jest sposób poprawiania charakterystyki kotła, który znajduje zastosowanie w tych przypadkach, jeżeli kocioł pracuje długo (4 do 6 godz.) z obciążeniem mniejszem lub większem od normalnego. Sposób ten polega na opalaniu kotła, pracującego ze zmiennem obciążeniem, różnemi gatunkami węgla. Podczas pracy kotła z mniejszemi obciążeniami spalany jest węgiel o większej zawartości części lotnych, więc węgiel długopłomienny gazowy (potocznie zwany — tłustym), przy przeciążeniu zaś — węgiel krótkopłomienny (potocznie zwany — chudym).

Zagadnienie to sprowadza się więc do stwierdzenia, jaki wpływ ma zawartość części lotnych w węglu na przebieg charakterystyki kotła.

Na rys. 4 podane są dwie charakterystyki tego samego kotła o 400 m^2 powierzchni ogrzewalnej z rusztem mechanicznym. Charakterystyka *a* została zdjęta przy spalaniu węgla długopłomiennego o zawartości części lotnych $\sim$ 35%, krzywa *b* — przy spalaniu węgla krótkopłomiennego o zawartości części lotnych $\sim$ 14%. Palenisko zaprojektowane było na węgiel krótkopłomienny, bez strefowego podmuchu. Jak widać, dla obciążeń mniejszych od normalnego sprawność ostro spadała, gdyż trzeba było utrzymywać cienką warstwę paliwa, wskutek czego nie dało się uniknąć odkrytych miejsc na ruszcie. Spalając sam tylko węgiel krótkopłomienny, uzyskano średnią sprawność podczas nocnej zmiany 68%, podczas dziennej 71%. Wciągu zmiany wieczornej, kiedy kocioł pracował z obciążeniem zbliżonem do normalnego, sprawność dochodziła do 79%. Średnia sprawność za całą dobę wynosiła 73%.

Opalając ten sam kocioł tylko węglem długopłomiennym gazowym, uzyskano następujące średnie sprawności: dla zmiany nocnej 82% (poprzednio 68%), dla dziennej 84% (poprz. 71%). Dla zmiany wieczornej opalanie węglem długopłomiennym dało złe rezultaty, gdyż wskutek dużych strat niezupełnego spalania sprawność w tym okresie pracy spadła do 70%. Dlatego podczas obciążenia wieczornego przechodzono na opalanie węglem krótkopłomiennym, osiągając średnią sprawność 79%. Opalanie dwoma gatunkami węgla podniosło średnią dobową sprawność do 81,5%, gdy tymczasem podczas opalania jednym gatunkiem, t. j. węglem krótkopłomiennym osiągano tylko 73%.



Rys. 4 i 5

Jak widać z rys. 4 podczas spalania węgla długopłomiennego szczyt charakterystyki przesuwa się na lewo, ponieważ natężenie cieplne komory paleniskowej przy węglu długopłomiennym prędzej osiąga swą wartość górną, niż przy węglu krótkopłomiennym i ponieważ węgiel długopłomienny przy obciążeniach małych spalano ze znacznie mniejszym nadmiarem powietrza.

Otrzymana charakterystyka opalania kotła dwoma gatunkami węgla posiada przebieg bardzo korzystny. Praktycznie dla obciążeń 50 do 100% uzyskuje się w ten sposób prawie jednakową sprawność. Zastosowanie jednak tego sposobu wyrównania wzgl. poprawiania charakterystyki ma znaczenie, jak już wspomniano, tylko dla pracy kotła z dłuższemi okresami obciążeń mniejszych wzgl. większych od normalnego.

Jeżeli palenisko zaprojektowane jest dla węgla długopłomiennego, to przejście w okresie obciążeń większych od normalnego na opalanie węglem krótkopłomiennym da niewątpliwie lepsze rezultaty i szczyt charakterystyki znajdzie się w obszarze większych obciążeń.

Na podstawie przeprowadzonych badań wykreślono na rys. 5 trzy charakterystyki $\eta = f\ (D/H)$ dla

węgli o różnej zawartości części lotnych. Jeżeli krzywa *A* wyznaczona jest dla węgla o zawartości części lotnych *a*, krzywa *B* — o zawartości *b* i krzywa *C* — o zawartości *c*, to charakterystyki kotła będą miały przebieg jak podano na rys. 5, jeżeli $a > b > c$ t.j. dla mniejszych obciążeń sprawność będzie tem większa, im więcej części lotnych będzie zawierał węgiel, użyty do spalania.

Ponieważ rozważany sposób poprawienia charakterystyki kotła, sprawdzony w praktyce na palenisku z rusztem mechanicznym, oparty jest na właściwościach komory paleniskowej, niezależnych od jakości paliwa, przeto da on wyniki analogiczne również dla palenisk na pył węglowy, oraz w przypadkach spalania innego rodzaju paliwa.

Pożytek wynikający z zastosowania tego sposobu opalania kotła zależy od różnicy ceny obu gatunków węgla. W przeprowadzonych badaniach cena obu rodzajów węgla była jednakowa i dlatego miarą oszczędności, uzyskanej przez poprawienie charakterystyki, była tylko różnica sprawności przed i po zastosowaniu tego sposobu.

Powyższa notatka jest niewątpliwie bardzo ciekawa, ponieważ opiera się na wynikach pomiarów porównawczych, w których za podstawę przyjęto zawartość części lotnych węgla, a więc czynnik bardzo ważny dla spalania i podstawowy dla projektowania kształtu i wyboru rodzaju paleniska. Niestety sprawa ta dotychczas jeszcze nie jest dostatecznie wyjaśniona i mało przez konstruktorów kotłów doceniana.

Szkoda jednak, że notatka nie zawiera bliższych danych co do kształtu paleniska, układu kotła, zestawienia wyników badań porównawczych i nie wyjaśnia na czem głównie polegało podniesienie sprawności, czy na wzroście odparowalności, czy też na podniesieniu temperatury przegrzania pary.

Jeśli przypuścimy, że palenisko dla węgla krótkopłomiennego było zbudowane z niską komorą paleniskową ze sklepieniem zapalającem, bez regulacji strefowej, to wyjaśnienia polepszenia sprawności dla małych obciążeń i węgli długopłomiennych gazowych, należy szukać w przemieszaniu i w dopalaniu się gazów na wejściu do przegrzewacza i w podniesieniu przegrzania pary. Nadmiar powietrza w tym przypadku powinien być mniejszy, niż przy spalaniu węgli krótkopłomiennych, ponieważ te ostatnie paląc się krótkim płomieniem, uniemożliwiają dopalanie się gazów na wejściu do przegrzewacza, mimo nawet takiego samego dopływu powietrza, jak w przypadku spalania węgli długopłomiennych.

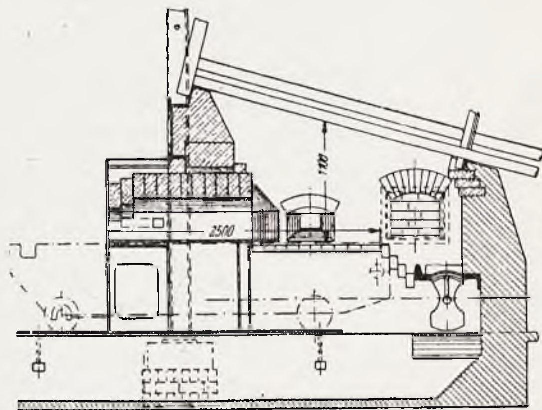
Podczas obciążenia wieczornego palenisko pracowało w warunkach na jakie było projektowane. Kwestja więc „prędszego osiągnięcia górnej wartości natężenia paleniska" nie gra tu żadnej roli. Odnośnie zastosowania, w przypadku paleniska na węgle długopłomienne gazowe, przejścia z opalania węglem długopłomiennym przy obciążeniach większych, na węgle krótkopłomienne, trzeba stwierdzić, że jedynie doświadczenie może wykazać celowość tego sposobu. Zarazem należałoby polecić ostrożność, gdyż palenisko zaprojektowane prawidłowo dla węgli długopłomiennych gazowych i z dostosowaną do tego powierzchnią ogrzewalną da, jak można przewidywać, wyniki gorsze przy spalaniu węgla krótkopłomiennego; spadnie mianowicie przegrzanie pary.

Dla palenisk z regulacją strefową bez sklepień zapalających, a zwłaszcza z doprowadzeniem wtórnego powietrza, wyniki spalania obu omawianych rodzajów węgla powinny być identyczne. To samo można też przewidywać dla palenisk na pył.

Sposób podany w notatce mógłby więc mieć zastosowanie dla palenisk starego typu, bez regulacji strefowej dopływu powietrza. *A. W.*

Zwiększenie wydajności kotła opłomkowego. [1]

Do zwiększenia wydajności kotła konieczne jest podniesienie wydajności paleniska. Samo powiększenie komory paleniskowej i powierzchni rusztu prowadzi często do znacznego wzrostu temperatury w komorze, gdyż powierzchnia opromieniowana kotła położona jest zbyt daleko od rusztu. Wysokie temperatury w komorze paleniskowej i na ruszcie powodują przepalanie rusztowin i wymagają częstych zmian wykładziny komory, co pociąga za sobą wzrost kosztów ruchu kotła. Pozatem przy niektórych rodzajach węgla można się spodziewać ociekania szlaki po ścianach komory wskutek przekroczenia temperatury topienia tej szlaki.



Rys. 1.
Kocioł opłomkowy z rusztem łańcuchowym o wydajności 3,5 *t/godz.* pary o ciśnieniu 9 *atn.* i temperaturze 240° C, przed przebudową.

Skutecznym sposobem wykładania komory paleniskowej jest wbudowanie dodatkowej powierzchni ogrzewalnej z wymuszonym obiegiem wody syst. La Mont'a. Jest to powierzchnia opromieniowana o dowolnym kształcie, która umożliwia łatwe wykładanie wszystkich ścian komory paleniskowej. Tego rodzaju instalacje są już w ruchu w dużej ilości. [2])

Poniżej omówiona jest przebudowa kotła opłomkowego (rys. 1) pracującego w pewnej wytwórni gumy w Szwecji, o powierzchni ogrzewalnej 140 m^2, wydajności 3,5 *t/godz.* pary o ciśnieniu 9 *atn.* i temperaturze 240°C. W celu zwiększenia wydajności podniesiono kocioł o 1,5 *m.* (rys. 2), wbudowano nowy ruszt *Dano-Stocker* i wyłożono komorę paleniskową dodatkową powierzchnią ogrzewalną La Mont'a o 25 m^2 (liczona jest całkowita powierzchnia rur). Pozatem ustawiono za kotłem pod-

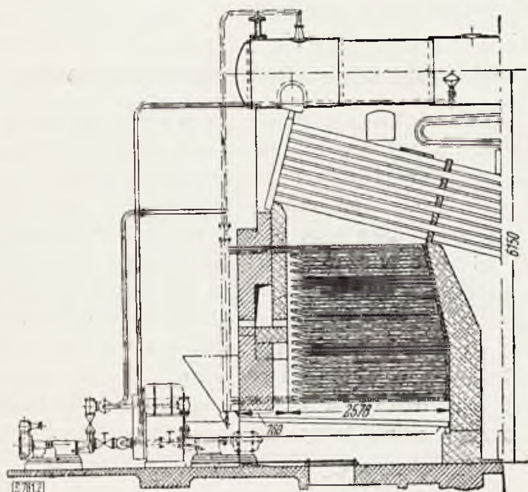
---

[1]) *Archiv für Wärmewirtschaft*, Nr. 9, 1934 r.

[2]) por. *Technika Cieplna* Nr. 2 str. 27 i Nr. 5 str. 84 r. 1934.

grzewacz powietrza Ljungstroema, w celu zwiększenia sprawności całej instalacji.

Rury dodatkowej powierzchni ogrzewalnej prowadzone są od zbiorczej rury wodnej przez otwór w ścianie przedniej obmurza do komory paleniskowej, którą otaczają wokoło i odprowadzane są tym samym otworem do rury zbiorczej mieszaniny pary i wody. Do przetłaczania wody przewidziano dwie pompy, które stale pracują. Jedna z nich o napędzie elektrycznym (moc silnika 4 *KM.*), druga napędzana małą turbinką parową, której para wylotowa służy do granulowania



Rys. 2.
Kocioł po przebudowie, normalna wydajność 8 *t/godz.*, ciśnienie pary 9 *atn* i temperatura 234° C.

szlaki. Wydajność każdej pompy wynosi 200 *l/min.* a wysokość tłoczenia 25 *m.*

Pomiary przeprowadzone po przebudowie przez dozór kotłów południowej Szwecji wykazały, że dla maximalnego obciążenia wydajność kotła wzrosła do 10,93 *t/godz.*, czyli do 310% wydajności pierwotnej. Dla normalnego obciążenia, podczas którego pomiar trwał 6 godzin, wydajność wzrosła do 8 *t/godz.* pary o ciśnieniu 9 *atn.* i temperaturze 234° C. Sprawność całej instalacji dla obciążenia normalnego wynosiła 85,2%.

Jak wynika z powyższych rezultatów, uzyskano przez przebudowę nietylko kocioł o znacznie większej wydajności, lecz również instalację pracującą ekonomicznie.

Powierzchnia ogrzewalna starego kotła nie jest w tych warunkach znacznie obciążona, ponieważ dodatkowa powierzchnia opromieniowana przejmuje ~ 50 % obciążenia; na stary więc kocioł podczas normalnego obciążenia przypada tylko ~ 4 *t/godz.* pary t. j. zaledwie o 10% do 15% więcej niż przed przebudową.

Ciekawie przedstawia się zestawienie zapotrzebowania mocy dla wszystkich pomocniczych urządzeń tej instalacji kotłowej, a mianowicie:

wentylator zimnego powietrza zużywa	~	15	*KM.*
ciąg ssący	„	12	„
pompa zasilająca	„	8	„
pompa przetłaczająca . . .	„	8	„
napęd rusztu i podgrzawacza powietrza.	„	5	„
Razem . .	~	48	*KM.*

Jak widać z tego zestawienia, zapotrzebowanie mocy dla wymuszonego obiegu wody La Mont'a wynosi około ~ 17% całkowitej mocy potrzebnej do ruchu kotła. *A. W.*

PRZEGLĄD WYTWÓRCZOŚCI

„Dejektor", — aparat cyrkulacyjny do zmiękczania wody kotłowej.

Nowoczesne badania, oraz poglądy takich powag w dziedzinie techniki wodnej, jak Blacher i French, pobudziły inż. Piccardo do stworzenia nowego aparatu cyrkulacyjnego „Dejektor".

Wynalazca wyszedł z założenia następującego: istniejące zmiękczacze wapienno-sodowe nie są w stanie zupełnie zabezpieczyć kotły parowe od zanieczyszczenia, wobec czego zachodzi potrzeba dodatkowego oczyszczania wody kotłowej, wzgl. kotła (przedmuchiwanie). *Jednakowoż między dwoma przedmuchiwaniami osad wytwarza zwartą masę, która przywiera do ścian kotłowych i usunąć się nie daje.* Jedynie część miękiego namułu uchodzi wraz z wypuszczoną wodą kotłową. Należało więc skonstruować aparat do *stałego* odprowadzania namułu w chwili jego powstania, przeprowadzając reakcję zmiękczania w samym kotle. Przy takim aparacie możnaby sobie zaoszczędzić budowy wielkich i kosztownych zbiorników, niezbędnych do zmiękczania przy zmiękczaczach wapienno-sodowych.

Urzeczywistnienie tego zadania okazało się jednak bardzo trudnem.

Jak wiadomo składniki twardości przemijającej strącają się w kotle już pod wpływem panującej w nim temperatury. Wytwarza się przytem węglan wapnia, który tworzy muł. Składniki zaś twardości stałej należy dopiero przetworzyć na inne, nierozpuszczalne składniki, któreby nie przywierały do ścian kotłowych, a więc nie tworzyłyby kamienia kotłowego i wydzielały się w postaci mułu. Najbardziej nierozpuszczalnym związkiem wapiennym, który tu wchodzi w rachubę, jest węglan wapnia. Węglan ten można otrzymać z składników powodujących twardość stałą przy pomocy sody, a mianowicie:



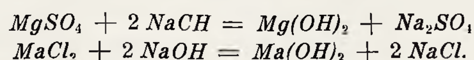
$$CaSO_4 + Na_2CO_3 = CaCO_3 + Na_2SO_4$$
$$CaCl_2 + Na_2CO_3 = CaCO_3 + 2\,NaCl.$$

Natomiast najbardziej nierozpuszczalnym związkiem magnezowym jest wodorotlenek magnezu, który można otrzymać przez działanie ługu sodowego na sole magnezu. Jednoczesne wprowadzenie do kotła sody i ługu sodowego (lub wapna) byłoby bardzo uciążliwe. Sprawie dopomogła w tym wypadku reakcja, która zachodzi w warunkach kotłowych. Mianowicie, soda dyssocjuje w kotle pod wpływem panujących w nim: temperatury i ciśnienia na:

$$Na_2CO_3 + H_2O \qquad 2\,NaOH + CO_2$$

Przy	12 *atm*	podlega	dyssocjacji	50%	sody
„	15 „	„	„	65 „	„
„	20 „	„	„	78 „	„
„	30 „	„	„	85 „	„

Reakcję tę wyzyskuje się w ten sposób, że wprowadza się do kotła tylko sodę, otrzymuje się zaś w samym kotle sodę i ług sodowy. Pierwsza strąca sole wapienne, drugi zaś sole magnezowe:



$$MgSO_4 + 2\,NaCH = Mg(OH)_2 + Na_2SO_4$$
$$MaCl_2 + 2\,NaOH = Ma(OH)_2 + 2\,NaCl.$$

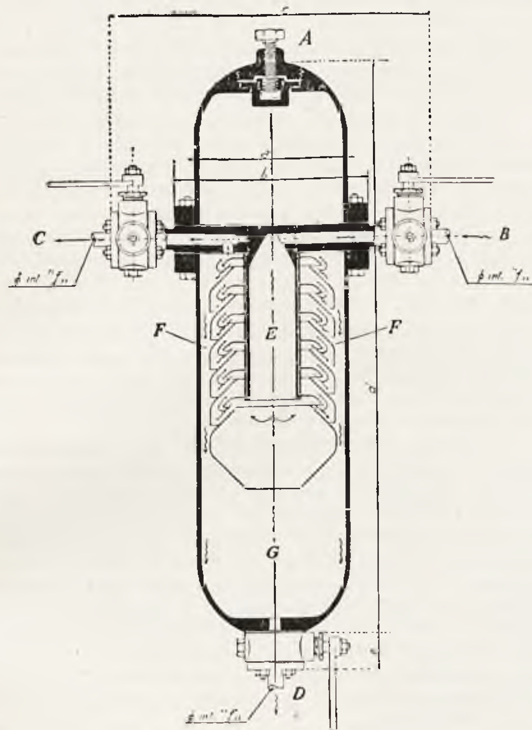
Przy stosownej ilości alkalij w kotle cała twardość stała wody przetwarza się na małorozpuszczalne związki, o charakterze mułu. Wytworzony z twardości stałej i przemijającej, muł jest bardzo lekkim, szczególnie w chwili powstania. Cyrkulująca woda z łatwością go porywa i pozostaje jedynie stworzyć cyrkulację *obwodową,* aby całkowity osad w kotle usunąć poza jego obręb. Należało również określić te miejsca w kotle, któreby najbardziej się nadawały do odprowadzania wody kotłowej wraz z mułem i do wprowadzania wody wraz z sodą z aparatu do kotła.

Wreszcie należało rozwiązać kwestję osadzania mułu w aparacie poza obrębem kotła. Jodynym środkiem okazał się oddzielacz o łamanych powierzchniach odbojowych. Wskutek zmiany w nim szybkości i kie-

runku ubiegu wody kotłowej, a także lekkiego ostudzenia jej w aparacie, muł opada do specjalnego zbiornika w aparacie, a prawie czysta woda kotłowa powraca bez mułu do kotła. Muł z aparatu może być usuwany w pewnych odstępach czasu.

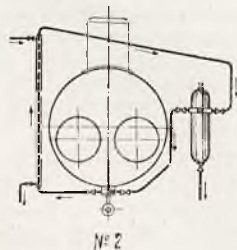
Konstrukcja „Dejektora" i jego połączeń z kotłami różnych systemów są uwidocznione na umieszczonych rysunkach.

Rys. 1 przedstawia dejektor w przekroju. Przez rurę *B* dostaje się do aparatu zamulona woda z kotła, która przepływa następnie do rozszerzonej rury *E*, a stąd przez sieć łamanych płaszczyzn *F*. W tem miejscu

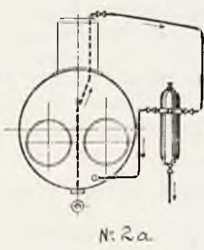


Rys. 1

muł opada, jak to wskazują faliste strzałki i zbiera się w dolnej części *G* aparatu, a czysta woda kotłowa powraca górnym otworem w kierunku *C* do kotła, wyługowując po drodze z kopuły część zawartej w niej sody. Ilość sody, którą należy doprowadzić do kotła, reguluje się zaworem precyzyjnym *H* na rys. 1 *a*. W określonych odstępach czasu spuszcza się zaworem *D* zebrany w *G* muł. Sodę wsypuje się do kopuły co 8 — 16 godzin w ilości, odpowiadającej stałej twardości wody zasilającej. W tym celu zamyka się zawory wlotowy i wylotowy, otwiera zawór *D*, aby wypuścić zawartą w dejektorze wodę kotłową, i odkręca śrubę *A*. Do otrzymanego otworu wsypuje się odważoną ilość sody, zakręca śrubę *A*, zamyka zawór *D*, otwiera zawory wlotowy i wylotowy i włącza tem samem dejektor do sieci obiegowej.

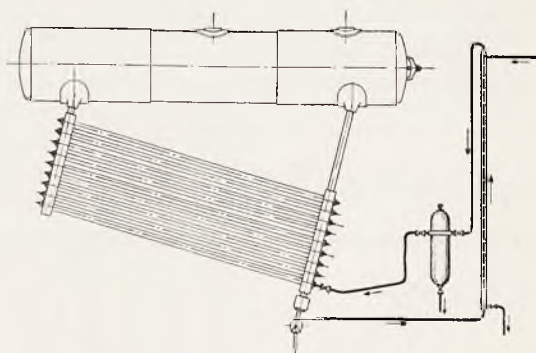


Rys. 2

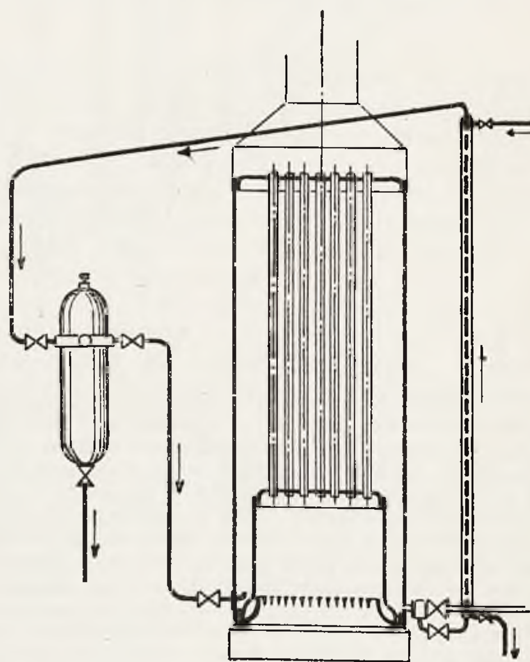


Rys. 2a

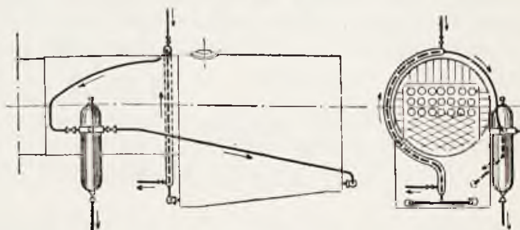
Zawory wlotowy i wylotowy posiadają specjalnej konstrukcji kurki probiercze, które umożliwiają kontrolę działalności dejektora i obiegu wody kotłowej. Przy należytem działaniu dejektora woda, pobrana z zaworu wlotowego, powinna być mętną i zawierać mniej ługu, natomiast woda z zaworu wylotowego dejektora powinna być czystą i posiadać większą alkaliczność.



Rys. 3



Rys. 4



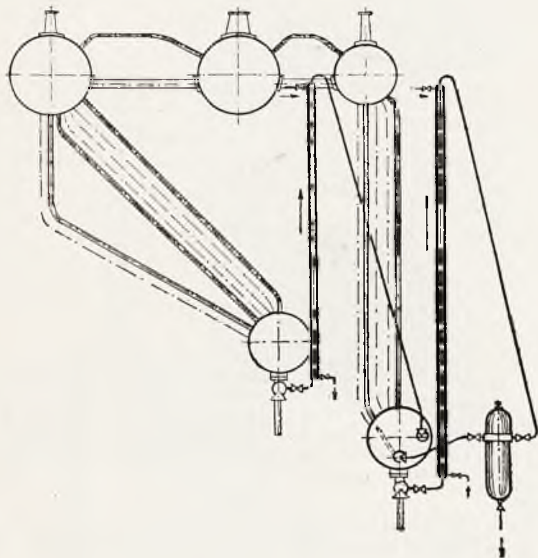
Rys. 5

Rys. 2, 2a, 3, 4 i 5 podają schematy połączeń dejektora z kotłami różnych typów.

Zamuloną wodę kotłową odprowadza się ze spodu kotła rurką, która wznosi się następnie powyżej poziomu wody w kotle. Początkowo rurę tę prowadzono wewnątrz kotła, jak na rysunku 2a. Obecnie ten sposób montażu został zaniechany i rurę odwodową prowadzi się poza obrębem kotła, jak na rys. 2, 3, 4 i 5. Ta część rury jest otoczoną płaszczem parowym (na obwodową rurę nasadza się rurę o większej średnicy i spawa z nią na obu końcach). Powyżej płaszcza parowego rura zaczyna opadać w kierunku dejektora. Odnogą od dejek-

tora do kotła wprowadza się wodę dolnym otworem kotła i skierowuje ją przedłużeniem rury do miejsca, w którem naturalna wewnętrzna cyrkulacja porywa wprowadzoną wodę wraz z zawartą w niej sodą i miesza z całą zwartością kotła.

Rys. 6 przedstawia schemat połączenia dejektora z kotłem o rurach wodnych pionowych i dwuch nie złączonych ze sobą zbiornikach mułu. Zbiornik I łączy się w tym wypadku z zbiornikiem II termosyfonem, który doń odprowadza namuł ze zbiornika l, zbiornik zaś II, w którym jest zebrany namuł z całego kotła, łączy się normalnie z dejektorem.



Rys. 6

Działanie termosyfonu opiera się na tej podstawie, że słup wody ogrzanej od spodu kotła do szczytu płaszcza parowego jest lżejszy od słupa wody w rurach powrotnych, w których płynie woda nieco ostudzona. Dlatego też słup wody chłodniejszej przeważa i opuszcza się przez dejektor do kotła, wytwarzając stałą cyrkulację w zamkniętym systemie, połączonym z kotłem i znajdującym się pod tem samem co kocioł ciśnieniem. Dlatego też można dowolnie zwiększać lub zmniejszać średnicę rur odwodowych, powiększać lub zmniejszać cyrkulację, zależnie od potrzeb odwodu namułu. Działanie aparatu nie zależy, jak przy innych urządzeniach od różnicy ciśnień, zmuszającej do stosowania jaknajmniejszych przewodów.

Podkreślić należy, że niema potrzeby odłączać dejektor od kotła podczas przerw w pracy wobec czego odmulanie kotła odbywa się nawet podczas jego postoju.

Jakie są możliwości zastosowania tego tak pomysłowego aparatu?

Pomimo krótkiego, bo zaledwie kilkuletniego, swego istnienia aparat ten jest już obecnie stosowany we wszystkich krajach europejskich i pozaeuropejskich Na podstawie poważnego doświadczenia możemy też stwierdzić zakres jego stosowanie.

W kotłach płomienicowych stosuje się dejektor przy dowolnej twardości wody zasilającej zupełnie samodzielnie. Zastępuje on całkowicie dotychczasowe kosztowne zmiękczacze.

W kotłach opłomkowych stosuje się dejektor samodzielnie przy twardości wody zasilającej od 12 do 15^0 tw. n. i powierzchni ogrzewania do 300 m^2. Przy większej twardości wody zasilającej lub większej powierzchni ogrzewanej należy uprzednio wodę zmiękczyć, a dejektor stosować jako aparat uzupełniający.

Należy zaznaczyć, że dejektor znakomicie się nadaje do utrzymania i regulowania w kotle t. zw. liczby sodowej. Składniki alkaliczności ochronnej służą jednocześnie do zmiękczenia wody kotłowej. Dodając więc pewien nadmiar sody, powiększamy liczbę sodową, przy nadmiernem zaś wzrastaniu tej ostatniej, przepuszczamy jedno dawkowanie sody do dejektora i nadmiar alkaliczności w kotle zostaje pochłonięty przez zachodzącą tam reakcję zmiękczania wody zasilającej.

Przy należytem funkcjonowaniu dejektora okazało się, że wystarcza utrzymanie liczby sodowej w przepisowych granicach, aby mieć najzupełniejszą gwarancję kompletnego zmiękczania wody kotłowej i nienagannej czystości blach kotłowych.

W ostatnich latach stosuje się zamiast sody i wapna, względnie ługu sodowego, trójfosforan sodowy do daleko idącego zmiękczania wody zasilającej a także kotłowej. Fosforan trójsodowy znalazł narazie ogromne zastosowanie zagranicą w szczególe do kotłów wysokoprężnych, przyczem dodaje się go albo do zmiękczaczy albo bezpośrednio do kotłów. Jednakowoż dodawanie fosforanu bezpośrednio do kotłów wymaga specjalnego urządzenia. Pod tym też względem dejektor uskutecznia dawkowanie fosforanu w najprostszy sposób (przez kopułę sodową), przyczem w odróżnienin od innych tego rodzaju aparatów jednocześnie odmula powstały fosforan wapienny,

Prócz kotłów parowych stałych znalazł dejektor zastosowanie przy kotłach ruchomych, jak to lokomotywy, lokomobile, kotły na statkach morskich i rzecznych, walce drogowe i t. p.

Biorąc pod uwagę dodatnie rezultaty, które osiągnięto przy pomocy tego aparatu, należy przyznać. że stanowi on nowy przyczynek do postępu w dziedzinie techniki zmiekczania wody kotłowej i zabezpieczania kotłów od zanieczyszczeń. Prócz tego, dzięki jego stosunkowo niskiej cenie, a więc przystępności, należy mu przyznać w obecnych czasach kryzysowych poważną rolę gospodarczą.

Szymon Markus, inż.

SPROSTOWANIE

Na str. 149 w zeszycie 9-ym *Techniki Cieplnej* z dnia 25 września b. r. rysunek ilustrujący notatkę p. t.: „Przyczyna zmniejszenia wydajności pompy" — został przez omyłkę odwrócony o 90^0.

Rysunek ten powinien być ustawiony jak następuje:

